

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С  
ДОГОВОР О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
Международное бюро



(43) Дата международной публикации:  
27 февраля 2003 (27.02.2003)

(10) Номер международной публикации:  
WO 03/017282 A1

(51) Международная патентная классификация<sup>7</sup>:  
G11C 11/21

(21) Номер международной заявки: PCT/RU01/00334

(22) Дата международной подачи:  
13 августа 2001 (13.08.2001)

(25) Язык подачи: русский

(26) Язык публикации: русский

(71) Заявитель и

(72) Изобретатель: КРИГЕР Юрий Генрихович  
[RU/RU]; 630117 Новосибирск, ул. Демакова, д. 12,  
кв. 121 (RU) [KRIEGER, Juri Heinrich, Novosibirsk  
(RU)].

(72) Изобретатель; и

(75) Изобретатель/Заявитель (только для (US): ЮДА-  
НОВ Николай Фёдорович [RU/RU]; 630127 Ново-  
сибирск, ул. Арбузова, д. 1, кв. 13 (RU) [YUDA-  
NOV, Nikolay Fedorovich, Novosibirsk (RU)].

(81) Указанные государства (национально): AL, AM, AT,

AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU,  
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP,  
KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV,  
MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT,  
RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA,  
UG, US, UZ, VN.

(84) Указанные государства (регионально): ARIPO па-  
тент (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SI, SZ, TZ,  
UG, ZW), евразийский патент (AM, AZ, BY, KG,  
KZ, MD, RU, TJ, TM), европейский патент (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LU, MC, NL, PT, SE, TR), патент OAPI (BF, BJ,  
CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NI,  
SN, TD, TG).

Опубликована

С отчётом о международном поиске.

В отношении двухбуквенных кодов, кодов языков и дру-  
гих сокращений см. «Пояснения к кодам и сокращениям»,  
публикуемые в начале каждого очередного выпуска Бюл-  
летеня PCT.

(54) Title: MEMORY CELL.

(54) Название изобретения: ЯЧЕЙКА ПАМЯТИ



(57) Abstract: The invention relates to computer engineering and can be used for various computer memory devices and for developing video-audio apparatus of new generation, systems of associative memories and synapses (an element of a electric line provided with a programmable electric resistance) for neural networks of neurocomputers. The inventive memory cell makes it possible to preserve several data bits and has a high speed. Said memory cell comprises two aluminium solid electrodes (1 and 2) and a multilayer functional area disposed therebetween and consisting of an active layer (3), a barrier layer (4) and a passive layer (5).

WO 03/017282 A1

BEST AVAILABLE COPY

[Продолжение на след. странице]



---

(57) Реферат: Изобретение относится к вычислительной технике и может быть использовано в запоминающих устройствах компьютеров различного назначения, а также для создания видео-аудио аппаратуры нового поколения, разработки систем ассоциативных запоминающих устройств, создания синапсов (элемента электрической цепи с программируемым электрическим сопротивлением) для нейронных сетей нейрокомпьютеров.

Ячейка памяти позволяет хранить несколько битов информации и характеризуется высоким быстродействием.

Заявляемая ячейка памяти содержит два алюминиевых сплошных электрода 1 и 2, между которыми расположена многослойная функциональная зона, состоящая из одного активного слоя 3, одного барьерного 4 и одного пассивного слоя 5.

## **ЯЧЕЙКА ПАМЯТИ**

### **Область техники**

Изобретение относится к вычислительной технике и может быть использовано в запоминающих устройствах компьютеров различного назначения, в разработке систем ассоциативных запоминающих устройств, создания синапсов (элемента электрической цепи с программируемым электрическим сопротивлением) для нейронных сетей, созданием банков данных с прямым доступом, созданием видео-аудио аппаратуры нового поколения.

### **Предшествующий уровень техники**

В современных компьютерах используются запоминающие устройства различного назначения с отличающимися характеристиками по скорости записи, времени хранения, времени доступа и считывания информации. Это существенно усложняет работу вычислительных систем, увеличивает время подготовки компьютеров к работе, усложняет проблему сохранения информации и т.д.

Одной из приоритетных задач стоящей в области микроэлектроники является создание универсально запоминающего устройства обладающего высокой скоростью записи и считывания информации наряду с большим временем хранения и высокой информационной плотностью. Вместе с этим имеется большая потребность в создании эффективного и простого элемента синапса для нейронных компьютеров. Отсутствие такого элемента сдерживает создания реальных нейрокомпьютеров.

Вместе с тем, потенциальные возможности физических принципов заложенных в основу работы электронных устройств полупроводниковой микроэлектроники практически исчерпаны. В настоящее время идет интенсивный поиск новых принципов функционирования и производства электронных устройств на основе идей молекулярной электроники с использованием молекулярных материалов или супромолекулярных ансамблей.

В работах [1, 2] проанализирована возможность использования явления электронной структурной неустойчивости низкоразмерных проводящих систем

в качестве физического принципа, на основе которого возможно, в частности, создание запоминающих устройств нового поколения. В этой работе рассматриваются теоретические основы данного явления с точки зрения молекулярной электроники, анализируются условия и параметры, определяющие его характеристики. Приводятся данные по одномерным молекулярным структурам, представляющие интерес для построения указанных электронных структур, а также рассматриваются особенности структурной неустойчивости и анализируются возможности статического и динамического управления проводимостью одномерных систем.

10        Указанный физический принцип открывает перспективы конструирования запоминающих устройств, основанных на новых механизмах хранения и преобразования информации, а также в подборе соответствующих материалов. Представляется весьма очевидным, что потенциальные возможности молекулярной электроники будут раскрыты в большей мере при создании нейронных сетей, состоящих из нейронов и связывающих их электроактивных синапсов. 15        Создание средствами молекулярной электроники искусственных нейронов, различного типа сенсоров, включенных в единую сеть, откроет путь к реализации всех потенциальных возможностей заложенных в нейрокомпьютерной идеологии, позволит создать принципиально новый тип информационно вычислительных систем, и подойти вплотную к решению проблемы создания искусственного интеллекта. 20        Известно устройство, содержащее ячейки памяти, которые могут быть использованы для хранения информации (см. патент USA 6055180, МКИ G11C 11/36, 2000г.).

25        Основным недостатком известного устройства является то, что оно позволяет производить лишь однократную запись информации. Причем для считывания информации используется оптический метод. Использование оптических устройств существенно усложняет и увеличивает размеры устройств, а также снижает надежность считывания из-за сложности позиционирования оптического луча. В другом способе записи описанном в данном патенте используется эф- 30

фект теплового пробоя, который вызван приложением высокого напряжения. Недостатком данного метода записи является то, что оно позволяет производить также лишь однократную запись информации и требует использования высоких напряжений электрического поля.

5 Известна ячейка памяти, содержащая трехслойную структуру, состоящую из двух электродов, между которыми расположено высокотемпературное молекулярное соединение (см. патент JP 62-260401, МКИ H01C 7/10, C23C14/08, H01B 1/12, 1990г. и статью [4]). Известная ячейка памяти использует принцип, основанный на изменении электрического сопротивления молекулярного соеди-  
10 нения при приложении внешнего электрического поля. Проводимость молекулярного вещества может принимать два сильно различающихся значения, что позволяет хранить один бит информации.

Основными недостатками известной ячейки памяти являются низкое быстродействие, связанное с большим временем переключения сопротивления и  
15 высокое напряжение питания (около 60 В), которые существенно ограничивают использование указанной ячейки памяти в составе современных электронных устройств.

Известна также ячейка памяти, содержащая трехслойную структуру, состоящую из двух электродов, между которыми расположено низкотемператур-  
20 ное молекулярное соединение (см. патент USA 4652894, МКИ H01L 29/28, 1987г. и статью [3]). Работа известной ячейки памяти тоже основана на изменении электрического сопротивления молекулярного соединения при приложении внешнего электрического поля. Однако данное устройство, в отличие от вышеприведенного, характеризуется быстрым временем переключения сопротивле-  
25 ния и низкими рабочими напряжениями.

Основными недостатками известного технического решения являются, во-первых, невозможность объединения существующей технологии производст-  
ва полупроводниковых приборов с предложенной технологией изготовления известной ячейки памяти, т.к. используемые в ней низкотемпературные молеку-  
30 лярные соединения являются механически, а главное, термически неустойчивы-

ми веществами, способными выдерживать температуру только до 150°C. Это не позволяет применить их совместно с современной технологией изготовления полупроводников, использующих в технологических процессах температуры до 400°C.

- 5 Во-вторых, известная ячейка памяти способна хранить только один бит информации, что не позволяет использовать ее при создании устройств с высокой информационной плотностью.

Кроме того, физические характеристики примененных материалов обуславливают неудовлетворительную повторяемость цикла (запись-чтение-  
10 стирание).

Все вышеприведенные, а также известные в литературе ячейки памяти данного типа имеют общий недостаток - позволяют хранить лишь один бит информации.

### Раскрытие изобретения

- 15 В основу изобретения поставлена задача создания принципиально новой ячейки памяти, которая позволяла бы хранить несколько битов информации, характеризовалась бы быстрым временем переключения сопротивления и низкими рабочими напряжениями, но при этом позволяла бы совместить технологию ее изготовления с технологией производства современных полупроводниковых  
20 устройств.

Эта задача решена тем, что в ячейке памяти, содержащей трехслойную структуру, состоящую из двух электродов, между которыми расположена функциональная зона, в качестве электродов используются металл и/или полупроводник и/или проводящий полимер и/или проводящий и оптически прозрачный  
25 окисел или сульфид, а функциональная зона выполнена из органических, металлоорганических и неорганических материалов со встроенными в молекулярную и/или кристаллическую структуру различными типами активных элементов, а также их сочетания друг с другом и/или кластерами на их

основе, которые изменяют свое состояние или положение под действием внешнего электрического поля и/или светового излучения.

Указанное выполнение ячейки памяти позволяет создать элемент памяти с однобитовым или многобитовым способом записи, хранения и считывания информации. При этом информация сохраняется в виде величины сопротивления функциональной зоны. Для ячейки памяти с однобитовым режимом хранения информации величина сопротивления ячейки имеет два уровня – высокий (соответствует значению, например, 0) и низкий (соответствует значению, например, 1), а для ячейки памяти с многобитовым режимом хранения информации величина сопротивления ячейки имеет несколько уровней, соответствующих определенному биту информации. Так, например, для двухбитовой ячейки имеется четыре уровня значений ее сопротивлений, для четырех битовой – шестнадцать уровней и т. д. Ячейка памяти выгодно отличается от используемых в настоящее время элементов памяти тем, что во время хранения информации, она не требует постоянного питания. Время хранения информации зависит от структуры ячейки памяти и используемого материала функциональной зоны, режима записи и может варьироваться от нескольких секунд (может быть использована для создания динамической памяти), до нескольких лет (может быть использована для создания долговременной памяти, типа «флеш» памяти).

Выгодно выполнить функциональную зону ячейки памяти, состоящей из активного слоя на основе органических или металлоорганических сопряженных полимеров со встроенными в основную цепь и/или присоединенными к цепи или плоскости и/или встроенными в структуру активными элементами образующими или не образующими светоизлучающую структуру, и/или из активного слоя на основе органических, металлоорганических и неорганических материалов с внедренными положительными или отрицательными ионами, в том числе и молекулярными ионами, и/или с внедренными кластерами на основе твердых электролитов, либо с молекулами и/или ионами с электрическим дипольным моментом, и/или с кластерами на основе твердых полимерных и неорганических ферроэлектриков, и/или с донорными и акцепторными молекулами, и/или с органическими и/или неорганическими солями и/или кислотам и/или

молекулами воды, и/или с молекулами, которые могут диссоциировать в электрическом поле и/или под действием светового излучения, и/или с неорганическими и/или металлоорганическими, и/или органическими солями, и/или молекулами с переменной валентностью металлов или атомарных групп входящих в них. Указанное выполнение функциональной зоны позволяет создать структуру, способную изменять электрическое сопротивление активного слоя и/или образовывать высокопроводящие области или нити в активном слое под воздействием внешних электрических и/или световых воздействий на ячейку памяти и сохранять это состояние продолжительное время без приложения внешних электрических полей.

Весьма эффективно использовать в качестве одного из активных элементов функциональной зоны ячейки памяти молекулы и/или ионы с электрическим дипольным моментом и/или с внедренными кластерами на основе твердых полимерных и неорганических ферроэлектриков, что обеспечивает работоспособность ячейки памяти при низких прикладываемых напряжениях. Это связано с тем, что присутствие ферроэлектрических элементов увеличивает величину напряженности внутреннего электрического поля, а, следовательно, потребует приложения меньшего внешнего электрического напряжения при записи информации.

Перспективно выполнить функциональную зону ячейки памяти в виде многослойной структуры, состоящей из нескольких слоев различной активности, например, выполненных из органических, металлоорганических и неорганических материалов со встроенными в молекулярную и/или кристаллическую структуру активными элементами и/или кластерами на их основе, которые изменяют свое состояние или положение под действием внешнего электрического поля и/или светового излучения, что позволяет расширить диапазон и дискретность величин электрического сопротивления, а, следовательно, повысить информационную плотность памяти.

Целесообразно выполнить функциональную зону ячейки памяти в виде многослойной структуры, состоящей из чередующихся активных, пассивных и



барьерных слоев, при этом пассивные слои выполнены из органических, метал-  
лорганических и неорганических материалов являющихся донорами и/или ак-  
цепторами носителей зарядов и обладающих ионной и/или электронной прово-  
димостью, а барьерный слой, выполнен из материалов с электронной проводи-  
5 мостью и низкой ионной проводимостью, что позволяет повысить временную  
стабильность ячейки памяти и одновременно увеличить информационную плот-  
ность за счет более высокой дискретности хранимых значений величин электри-  
ческого сопротивления ячейки памяти. Такое выполнение функциональной зоны  
позволяет создать многослойную структуру, способную изменять электрическое  
10 сопротивление активного слоя и/или образовывать высокопроводящие области  
или нити с металлической проводимостью в активном слое под действием  
внешнего электрического поля и/или светового излучения на ячейку памяти и  
сохранять это состояние продолжительное время без приложения внешних элек-  
трических полей.

15 Предпочтительно выполнить электрод ячейки памяти в виде нескольких  
разделенных между собой элементов, например, двух или трех элементов распо-  
ложенных над функциональным слоем, что позволяет более точно контролиро-  
вать величину электрического сопротивления ячейки, тем самым повысить уро-  
вень дискретности записи информации; либо точности величины аналогового  
20 значения электрического сопротивления ячейки, а также позволяет развязать  
электрические цепи записи и считывания информации.

Выгодно выполнить электрод ячейки памяти в виде двух параллельных  
пространственно разделенных полупроводниковым и/или органическим свето-  
излучающим материалом элементов и образующих, например, или диодную  
25 структуру, или фотосопротивление или фоточувствительный элемент, что по-  
зволяет электрически или оптически развязать цепи записи и считывания ин-  
формации.

Также выгодно выполнить электрод ячейки памяти в виде трех парал-  
лельных пространственно разделенных полупроводниковым и/или органиче-  
30 ским светоизлучающим материалом элементов и образующих, например, свето-

излучающую структуру и фотосопротивление или фоточувствительный элемент, что тоже позволяет оптически развязать цепи записи и считывания информации.

### Краткое описание чертежей

На FIG.1- FIG.20 приведены варианты выполнения заявляемой ячейки памяти:

- FIG.1 – общая схема строения заявляемой ячейки памяти с двумя сплошными электродами и активной функциональной зоной;
- FIG.2 - заявляемая ячейка памяти с двумя сплошными электродами и однослойной функциональной зоной;
- 10 - FIG.3-8 - заявляемая ячейка памяти с двумя сплошными электродами и многослойной функциональной зоной ;
- FIG.9 - заявляемая ячейка памяти выполнена с однослойной функциональной зоной, с одним сплошным электродом, а другим электродом состоящим из двух элементов;
- 15 - FIG.10-11 - заявляемая ячейка памяти выполнена с многослойной функциональной зоной, с одним сплошным электродом, а другим электродом состоящим из двух элементов;
- FIG.12 - заявляемая ячейка памяти выполнена с однослойной функциональной зоной и двух электродов, каждый из которых состоит из двух элементов;
- 20 - FIG.13-14 - заявляемая ячейка памяти выполнена с многослойной функциональной зоной и двух электродов, каждый из которых состоит из двух элементов;
- FIG.15 - заявляемая ячейка памяти выполнена с однослойной функциональной зоной, с одним сплошным электродом, а другим электродом состоящим из трех элементов;
- 25

- FIG.16-17 - заявляемая ячейка памяти выполнена с многослойной функциональной зоной, с одним сплошным электродом, а другим электродом состоящим из трех элементов;

5 - FIG.18-20 - заявляемая ячейка памяти выполнена с многослойной функциональной зоной, снабженной элементами электрической или оптической связи;

- FIG.21 – представлена схема, поясняющая принцип записи, стирания и считывания информации с заявляемой ячейки памяти;

10 - FIG.22 – представлены эпюры напряжения и тока при записи, стирании и считывания информации с заявляемой ячейки памяти.

### Лучшие варианты осуществления изобретения

Заявляемая ячейка памяти (FIG.1-8) содержит два алюминиевых сплошных электрода 1 и 2, между которыми расположена однослойная функциональная зона, состоящая из одного активного слоя, который может быть допирован  
15 ионами 3 или кластерами электролитов (3а) (FIG.1-2) или двух активных допированных слоев 3в и 3с (FIG.3), или двух активных слоев с кластерами электролитов 3d и 3е (FIG.4), разделенных барьерным слоем 4. На FIG.5-8 функциональная зона выполнена многослойной, состоящей из одного активного слоя 3 и одного пассивного слоя 5 (FIG.5) или из одного активного слоя 3, одного барьерного 4 и одного пассивного слоя 5 (FIG.6) или из двух активных слоев 3в и 3с,  
20 одного барьерного 4 и одного пассивного слоя 5 (FIG.7) или из двух активных слоев 3в и 3с, одного барьерного 4 и двух пассивных слоев 5а и 5в (FIG.8).

На (FIG.9-11) заявляемая ячейка памяти содержит алюминиевые электроды 1 и 2, при этом верхний электрод 1 состоит из двух элементов 1а и 1в. Между  
25 электродами расположена функциональная однослойная зона, состоящая из одного активного слоя 3 (FIG.9), или многослойная функциональная зона состоящей из одного активного слоя 3 и одного пассивного слоя 5 (FIG.10), или многослойная функциональная зона состоящей из одного активного слоя 3 одного барьерного слоя 4 и одного пассивного слоя 5 (FIG.11).

На (FIG.12-14) представлена заявляемая ячейка памяти, содержащая алюминиевые электроды 1 и 2, каждый из которых состоит из двух элементов 1а, 1в и 2а, 2в. Между электродами расположена функциональная однослойная зона, состоящая из одного активного слоя 3 (FIG.12), или многослойная функциональная зона состоящей из одного активного слоя 3 и одного пассивного слоя 5 (FIG.13), или многослойная функциональная зона состоящей из одного активного слоя 3 одного барьерного слоя 4 и одного пассивного слоя 5 (FIG.14).

На (FIG.15-17) заявляемая ячейка памяти содержит алюминиевые электроды 1 и 2, при этом верхний электрод 1 состоит из трех элементов 1а, 1в и 1с. Между электродами расположена функциональная однослойная зона, состоящая из одного активного слоя 3 (FIG.15), или многослойная функциональная зона состоящей из одного активного слоя 3 и одного пассивного слоя 5 (FIG.16), или многослойная функциональная зона состоящей из одного активного слоя 3 одного барьерного слоя 4 и одного пассивного слоя 5 (FIG.17).

Заявляемая ячейка памяти (FIG.18-20) содержит два алюминиевых сплошных электрода 1 и 2, между которыми расположена многослойная функциональная зона 6, которая может быть выполнена аналогично изображенной на (FIG.3-8) и снабженная элементами электрической развязки – дополнительным электродом 7 и слоем 8 из полупроводникового и/или органического материала, образующего диодную структуру (FIG.18), или элементами оптической развязки – дополнительным электродом 9 из электропроводящего и оптически прозрачного материала и слоем 10 из полупроводникового и/или органического материала образующего фотосопротивление или фоточувствительный элемент (FIG.19), или элементами оптической развязки – электродом 7, изготовленного из электропроводящего материала и двух слоев 10, 11 из полупроводниковых и/или органических материалов разделенных электродом 9, изготовленного из электропроводящего и оптически прозрачного материала и образующих фотодиод или светоизлучающую структуру 11 и фотосопротивление или фоточувствительный элемент 10 (FIG.20).

Для пояснения принципа записи, стирания и считывания информации с заявляемой ячейки памяти рассмотрим схему, представленную на FIG.21, содержащую: специальный тестовый генератор 12, основанный на программируемом генераторе тока и обеспечивающего контролируемую величину тока во время записи информации, постоянное напряжение во время считывания, а также формирующего отрицательные импульсы напряжения при стирании; ячейку памяти включающую, электроды 1, 2 и функциональную зону 6, которая может быть выполнена в виде одного из вариантов представленных на FIG.1-17; балластного сопротивления 13 и устройств для регистрации напряжения 14 и 15, которые могут быть выполнены в виде вольтметров, самописцев или осциллографов. Измеряя падение напряжения на балластном сопротивлении 13, можно получить информацию о величине тока проходящего через ячейку памяти.

Устройство работает следующим образом. Тестовый генератор 12 формирует импульс напряжения 16 (FIG.22), превышающий пороговое значение 23. После того, как величина импульса тока записи 19 достигнет запрограммированного значения, генератор 12 переходит в режим считывания и формирует напряжение считывания 18, которое значительно ниже порогового значения 23. Запись считается произведенной, если контролируемая величина тока записи 19 достигает запрограммированного значения, после чего прикладываемое электрическое напряжение отключается. По величине тока 22 (a-d) через балластное сопротивление 13 можно судить о величине сопротивления ячейки памяти и эти значения сопротивлений можно поставить в соответствие с определенным битом информации. Так, например, для двух битовой ячейки памяти:

- ток 22a соответствует значению (00);
- ток 22b соответствует значению (01);
- ток 22c соответствует значению (10);
- ток 22d соответствует значению (11).

Время хранения информации, а также и дискретность установления соответствующих значений электрического сопротивления ячейки памяти зависит от

выбора структуры функциональной зоны и используемых материалов. Стирание информации производится генератором 12 путем подачи импульса отрицательного напряжения 17. Стирание считается произведенным, если контролируемые величины тока стирания 20 достигает заданного значения, после чего прикладываемое отрицательное электрическое напряжение отключается. После стирания ячейка памяти возвращается в исходное состояние с очень большим электрическим сопротивлением функциональной зоны 6. Для приведенной на FIG.21 структуры ячейки памяти, перед каждым актом записи информации необходимо перевести ячейку памяти в исходное состояние, т.е. стереть имеющуюся информацию.

Ниже приведены различные варианты выполнения заявляемой ячейки памяти.

#### Вариант 1.

Ячейка памяти (FIG.1,2) содержит трехслойную структуру, состоящую из двух электродов 1 и 2 выполненных из алюминия, между которыми расположен полифенилацетилен 3 или полидифенилацетилен допированный ионами лития 3а. Программирование ячейки памяти происходит при приложении импульса электрического поля, по величине превосходящего пороговое значение с одновре-  
20 менным контролем прорекаемого через ячейку электрического тока (или величины электрического сопротивления, или длительности и величины приложенного импульса электрического напряжения). Запись считается произведенной, если контролируемые величины (ток или сопротивление) достигают заданного значения, после чего прикладываемое электрическое напряжение отключается. Чтение информации с ячейки происходит приложением импульса электрического напряжения с величиной ниже его порогового значения с одновре-  
25 менной регистрацией величины прорекаемого тока или с контролем величины электрического сопротивления. Стирание происходит при приложении обратного (отрицательного) импульса электрического напряжения с одновре-  
30 менным контролем прорекаемого через ячейку электрического тока (или величины электрического сопротивления, или длительности и величины приложенного им-

пульса электрического напряжения). Стирание считается произведенным, если контролируемые величины (ток или сопротивление) достигают заданного значения, после чего прикладываемое отрицательное электрическое напряжение отключается.

5           Вариант 2.

Ячейка памяти (FIG.3,4) содержит трехслойную структуру, состоящую из двух электродов 1 и 2 выполненных из алюминия, между которыми расположены два слоя полифенилацетилена 3в и 3с или полидифенилацетилена допированных ионами лития 3d и 3е, которые разделены нитридом лития 4. Программирование, чтение и стирание информации ячейки памяти происходит методом, описанным в варианте 1. Такая ячейка характеризуется долгим временем хранения информации.

Вариант 3.

Ячейка памяти FIG.5 содержит трехслойную структуру, состоящую из двух электродов 1, 2 выполненных из алюминия, между которыми расположен слой из окиси или нитрида кремния или полистирола 3 и пассивный слой 5 из халькогенида меди или халькогенида серебра. Программирование, чтение и стирание информации ячейки памяти происходит методом, описанным в варианте 1. Такая ячейка характеризуется долгим временем хранения информации.

20           Вариант 4.

Ячейка памяти (FIG.1) содержит трехслойную структуру, состоящую из двух электродов 1 и 2 выполненных из алюминия, между которыми расположен слой 3 из полифенилацетилена или полидифенилацетилена, допированный молекулами хлоранила или тетрацианхинодиметана. Программирование, чтение и стирание информации ячейки памяти происходит методом, описанным в варианте 1. Такая ячейка характеризуется быстрым временем переключения.

Вариант 5.

Ячейка памяти FIG.5 содержит трехслойную структуру, состоящую из двух электродов 1 и 2 выполненных из алюминия, между которыми расположен

слой из полианилина 3 и пассивный слой 5 из гидрида палладия. Программирование, чтение и стирание информации ячейки памяти происходит методом, описанным в варианте 1. Такая ячейка характеризуется быстрым временем переключения.

5           Вариант 6.

Ячейка памяти FIG.16 содержит трехслойную структуру, состоящую из двух электродов выполненных из алюминия, причем один из электродов (верхний) выполнен из трех элементов 1а, 1в, 1с. Функциональный слой 3 состоит из полифенилацетилена или полидифенилацетилена и пассивного слоя 5 халькогенида ниобия, допированного ионами лития или слоя халькогенида меди. Программирование ячейки памяти происходит при приложении импульса электрического поля к нижнему электроду 2 и к центральному элементу верхнего электрода 1с, которое по величине превосходит пороговое значение 23 с одновременным контролем величины электрического сопротивления между крайними элементами верхнего электрода 1а и 1в. Запись считается произведенной, если контролируемые величины электрического сопротивления достигают заданного значения, после чего прикладываемое электрическое напряжение отключается. Чтение информации с ячейки происходит методом измерения величины электрического сопротивления между крайними элементами верхнего электрода 1а и 1в с использованием импульса электрического напряжения малой величины. Стирание ячейки памяти происходит при приложении обратного (отрицательного) импульса электрического поля к нижнему электроду 2 и к центральному элементу верхнего электрода 1с с одновременным контролем величины электрического сопротивления между крайними элементами верхнего электрода 1а и 1в. Стирание считается произведенным, если контролируемые величины (ток или сопротивление) достигают заданного значения, после чего прикладываемое отрицательное электрическое напряжение отключается. Такая ячейка характеризуется более высокой информационной плотностью за счет развязки электрических цепей записи и считывания и, как следствие, более прецизионного контроля величины программируемого значения величины электрического сопротивления ячейки памяти.



### Вариант 7.

Ячейка памяти FIG.20 содержит многослойную структуру, состоящую из четырех электродов 1, 2 (из алюминия), 7 (из магния) и 9 (из проводящего прозрачного окисла индия). Функциональная зона (6) соответствует функциональной зоне FIG.16 и выполнена из полифенилацетилена или полидифенилацетилена и пассивного слоя халькогенида ниобия, допированного ионами лития или слоя халькогенида меди. Слой (11) выполнен из полифенилвинилена и представляет собой светоизлучающую структуру. Слой (10) выполнен из полупроводникового или органического материала и представляет собой светочувствительную структуру. Светоизлучающий (11) и светочувствительный (10) слои разделены электродом (9) из проводящего и прозрачного окисла индия. Программирование и стирание информации ячейки памяти происходит методом, описанным в примере 1, посредством приложения напряжения к электродам 1 и 7. Чтение информации с ячейки происходит приложением импульса электрического напряжения к электродам 1 и 2 с величиной ниже порогового значения с одновременной регистрацией величины напряжения или с контролем величины электрического сопротивления между электродами 2 и 9 или с контролем величины электрического напряжения между ними. Такая ячейка характеризуется более высокой информационной плотностью за счет оптической развязки электрических цепей записи и считывания, что обеспечивает более прецизионный контроль программируемого значения величины электрического сопротивления ячейки памяти.

### Техническая применимость

Опытные образцы заявляемой ячейки памяти были изготовлены и испытаны на специальном стенде с использованием тестового генератора. Были изготовлены варианты с цельными электродами из алюминия, а также варианты с использованием двух и трех элементных алюминиевых электродов, между которыми расположен полисопряженный полимер полидифенилацетилен, допированный ионами лития. Нижний слой алюминия был напылен на стеклянную подложку, а верхний электрод напылялся на слой полисопряженного полимера.

Используемый полисопряженный полимер выдерживает нагрев до 400°C, что позволяет изготавливать заявляемые ячейки памяти совместно с производством полупроводниковых приборов. Испытаниями была доказана возможность создания ячейки памяти, позволяющей хранить как многобитовую, так и однобитовую цифровую информацию, а также формировать аналоговые значения величин ее электрического сопротивления, что позволяет использовать ее также в качестве синапсов для нейронных сетей.

Таким образом, заявляемую ячейку памяти можно считать принципиально новым устройством для хранения информации, как в цифровом, так и в аналоговом виде.

#### Источники литературы:

1. Ю.Г. Кригер Структурная неустойчивость одномерных систем как основа физического принципа функционирования устройств молекулярной электроники. Журнал. Структурной химии. 1999. Т.40, №4. с.734–767.
- 15 2. Ю.Г. Кригер Молекулярная электроника. Состояние и пути развития. Журнал структурной химии 1993, Т.34, №6, с.75-85.
3. R.S. Potember, T.O. Poehler Electrical switching and memory phenomena in Cu-TCNQ thin films. Appl. Phys. Letters, 1979v.34, N.6, p.405-407.
- 20 4. Y. Machida, Y. Saito, A. Taomoto, K. Nichogi, K. Waragai, S. Asakawa Electrical switching in evaporated lead phthalocyanine films. Jap. J. Appl. Phys. Pt.1 1989v. 28, N.2, p.297-298.

## ФОРМУЛА

1. Ячейка памяти, содержащая трехслойную структуру, состоящую из двух электродов, между которыми расположена функциональная зона, отличающаяся тем, что в качестве электродов используются металл и/или полупроводник и/или проводящий полимер и/или проводящий и оптически прозрачные окислы или сульфиды, а функциональная зона выполнена из органических, металлоорганических и неорганических материалов со встроенными в молекулярную и/или кристаллическую структуру различными типами активных элементов, а также их сочетания друг с другом и/или кластерами на их основе, которые изменяют свое состояние или положение под действием внешнего электрического поля и/или светового излучения.
2. Ячейка памяти по п. 1, отличается тем, что электрод выполнен в виде нескольких пространственно и электрически разделенных между собой элементов.
3. Ячейка памяти по п. 1, 2 отличается тем, что электрод выполнен в виде двух или трех разделенных между собой элементов, расположенных над функциональной зоной.
4. Ячейка памяти по п.1, отличается тем, что функциональная зона выполнена из активного слоя на основе органических, металлоорганических и неорганических материалов с внедренными положительными или отрицательными ионами, в том числе и молекулярными ионами.
5. Ячейка памяти по п.1, отличается тем, что функциональная зона выполнена из активного слоя на основе композитов из органических, металлоорганических и неорганических материалов с внедренными кластерами на основе твердых электролитов.
6. Ячейка памяти по п.1, отличается тем, что функциональная зона выполнена из активного слоя на основе органических, металлоорганических и неорганических материалов с внедренными молекулами и/или ионами с электрическим дипольным моментом.
7. Ячейка памяти по п.1, отличается тем, что функциональная зона выполнена из активного слоя на основе композитов из органических, металлоорганических

ских и неорганических материалов с внедренными кластерами на основе твердых полимерных и неорганических ферроэлектриков.

8. Ячейка памяти по п.1, отличается тем, что функциональная зона выполнена из активного слоя на основе органических, металлорганических и неорганических материалов с внедренными донорными и акцепторными молекулами.
9. Ячейка памяти по п.1, отличается тем, что функциональная зона выполнена из активного слоя на основе органических, металлорганических и неорганических материалов с внедренными органическими и/или неорганическими солями и/или кислотам и/или молекулами воды.
10. Ячейка памяти по п.1, отличается тем, что функциональная зона выполнена из активного слоя на основе органических, металлорганических и неорганических материалов с внедренными молекулами, которые могут диссоциировать в электрическом поле и/или под действием светового излучения.
11. Ячейка памяти по п.1, отличается тем, что функциональная зона выполнена из активного слоя на основе органических, металлорганических и неорганических материалов с внедренными неорганическими и/или металлорганическими, и/или органическими солями, и/или молекулами с переменной валентностью металлов или атомарных групп входящих в них.
12. Ячейка памяти по п. 1, отличается тем, что функциональная зона выполнена из активного слоя на основе органических, металлорганических сопряженных полимеров со встроенными в основную цепь и/или присоединенными к цепи или плоскость и/или встроенными в структуру активными элементами образующими или не образующими светоизлучающую структуру.
13. Ячейка памяти по п.1, отличается тем, что в качестве функциональной зоны используется многослойная структура, состоящая из нескольких слоев различных активных слоев выполненных из органических, металлорганических и неорганических материалов со встроенными в молекулярную и/или кристаллическую структуру активными элементами и/или кластерами на их основе, которые изменяют свое состояние или положение под действием внешнего электрического поля и/или светового излучения.

14. Ячейка памяти по п. 13 отличается тем, что в качестве функциональной зоны используется многослойная структура, состоящая из нескольких активных, пассивных, барьерных, светоизлучающих и фоточувствительных слоев, при этом между и разделенных между собой электродами слоев различных активных слоев выполненных из органических, металлоорганических и неорганических материалов со встроенными в молекулярную и/или кристаллическую структуру активными элементами и/или кластерами на их основе, которые изменяют свое состояние или положение под действием внешнего электрического поля и/или светового излучения.
- 10 15. Ячейка памяти по п.п. 14 отличающееся тем, что в качестве функциональной зоны используется многослойная структура, состоящая из чередующихся активных и пассивных и барьерных слоев, снабженных элементами оптической или электрической развязки.
- 15 16. Ячейка памяти по п. 14, отличающееся тем, что пассивные слои выполнены из органических, металлоорганических и неорганических материалов являющихся донорами и/или акцепторами носителей зарядов и обладающих ионной и/или электронной проводимостью.
17. Ячейка памяти по п.14, отличающееся тем, что барьерный слой, выполнен из материалов с электронной проводимостью и низкой ионной проводимостью.
- 20 18. Ячейка памяти по п.14, отличается тем, что в качестве функциональной зоны используется двухслойная структура состоящая из активного и пассивного слоев.
19. Ячейка памяти по п. 14, отличается тем, что в качестве функциональной зоны используется двухслойная структура, один слой выполнен из органических 25 металлоорганических и неорганических материалов и обладает низкой электронной проводимостью, а второй является пассивным слоем.
20. Ячейка памяти по п. 14 отличается тем, что в качестве функциональной зоны используется трехслойная структура с наружными слоями, выполненными из активных слоев и барьерного слоя расположенного между ними.

21. Ячейка памяти по п. 14, отличается тем, что в качестве функциональной зоны используется четырехслойная структура с двумя активными слоями, которые разделены третьим барьерным слоем, а четвертый является пассивным слоем.
- 5 22. Ячейка памяти по п. 14 отличается тем, что в качестве функциональной зоны используется пятислойная структура с двумя наружными пассивным слоями и расположенными между ними двумя активными слоями, которые разделены пятым барьерным слоем.
- 10 23. Ячейка памяти по п. 15, отличается тем, что элементы электрической развязки выполнен в виде дополнительного электрода изготовленного из электропроводящего материала и слоя из полупроводникового и/или органического материала образующих диодную структуру .
- 15 24. Ячейка памяти по п. 15, отличается тем, что элементы оптической развязки выполнен в виде дополнительного электрода изготовленного из электропроводящего и оптически прозрачного материала и слоя из полупроводникового и/или органического материала образующих или фотосопротивление или фоточувствительный элемент.
- 20 25. Ячейка памяти по п. 15, отличается тем, что элементы оптической развязки выполнен в виде дополнительного электрода изготовленного из электропроводящего материала и двух слоев из полупроводниковых и/или органических материалов разделенных вторым дополнительным электродом изготовленного из электропроводящего и оптически прозрачного материала и образующих фотодиод или светоизлучающую структуры и фотосопротивление или фоточувствительный элемент.

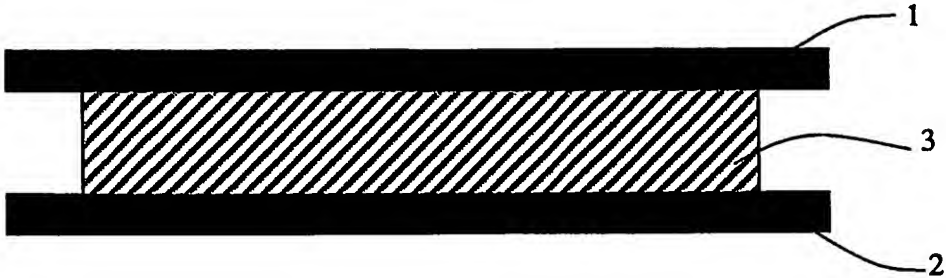


FIG. 1

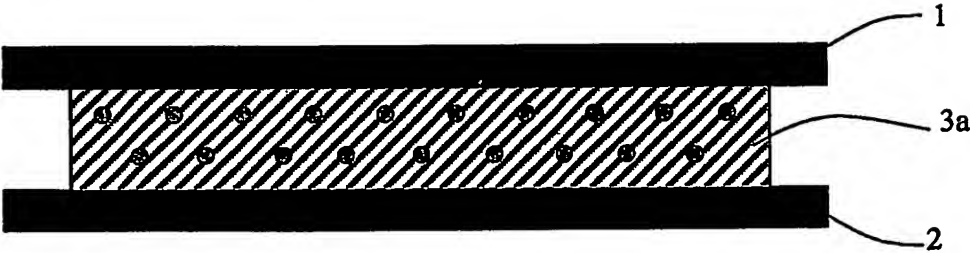


FIG 2

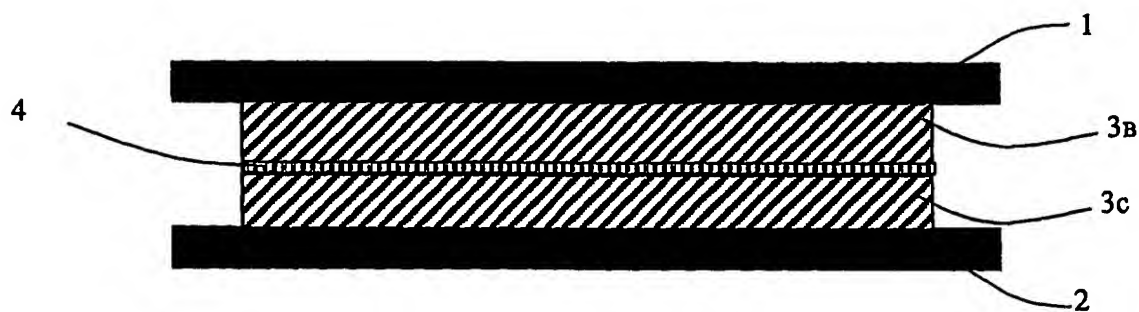


FIG. 3

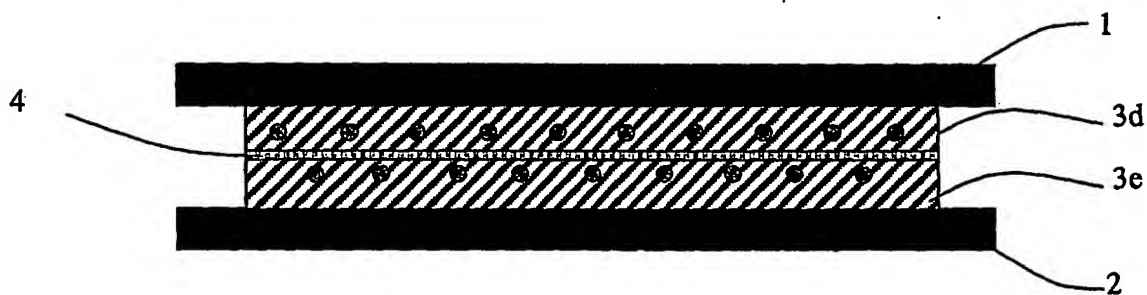


FIG. 4



3/10

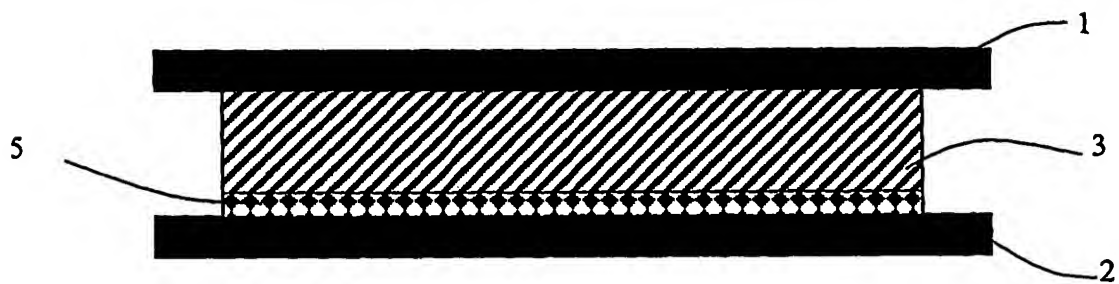


FIG. 5

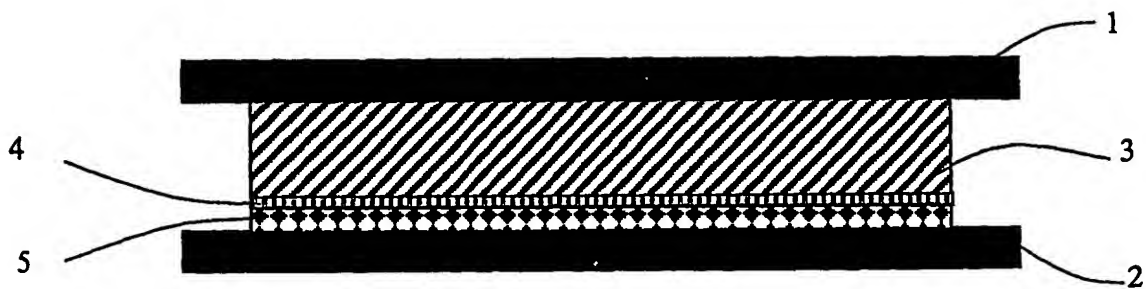


FIG. 6

4/10



FIG. 7

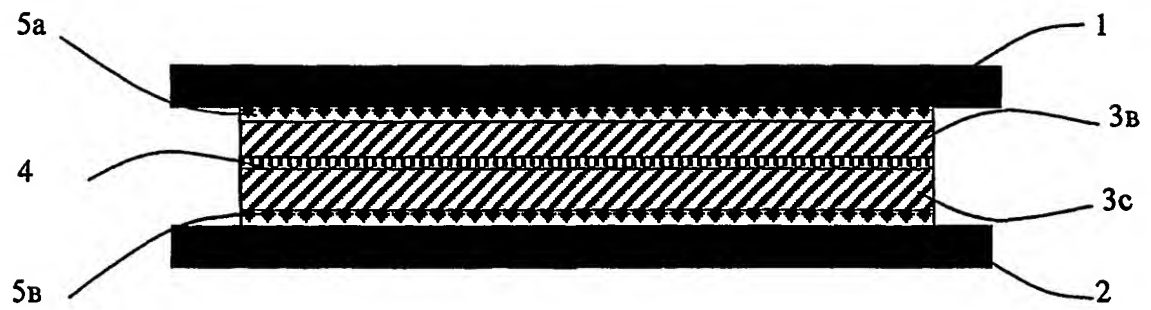


FIG. 8

BEST AVAILABLE COPY

5/10

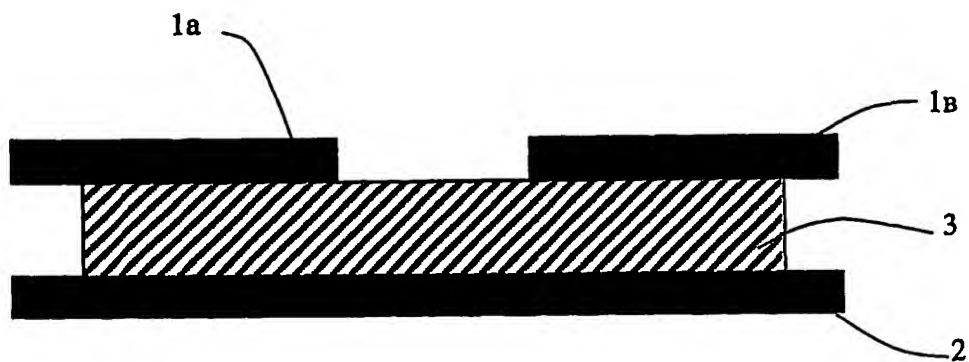


FIG. 9

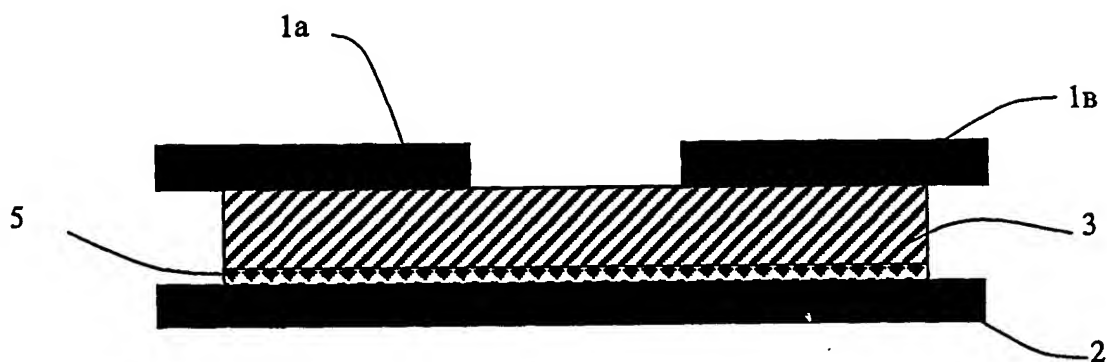


FIG. 10

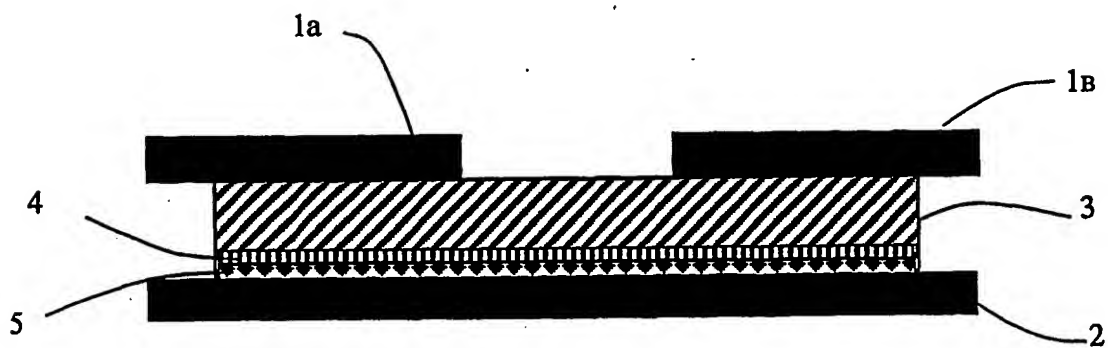


FIG. 11

6/10

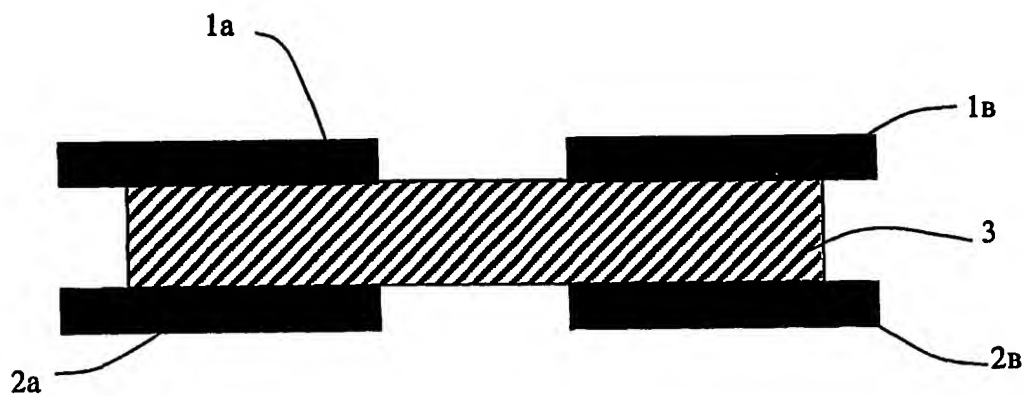


FIG. 12

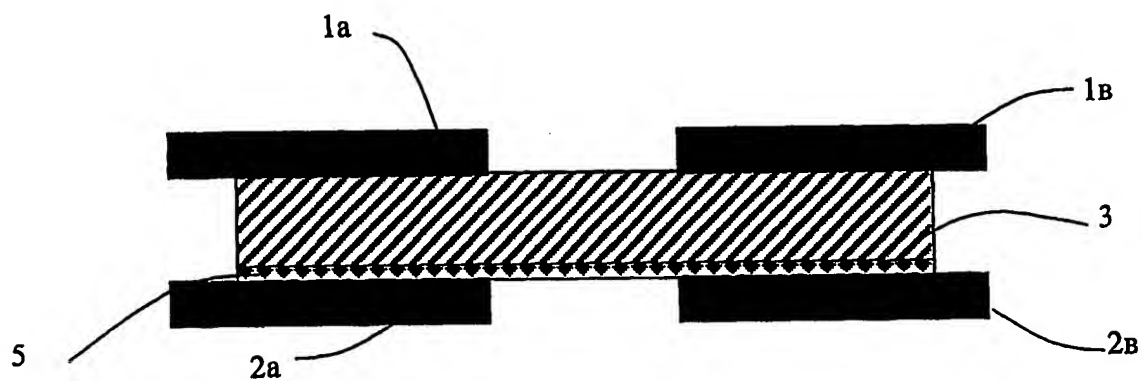


FIG. 13

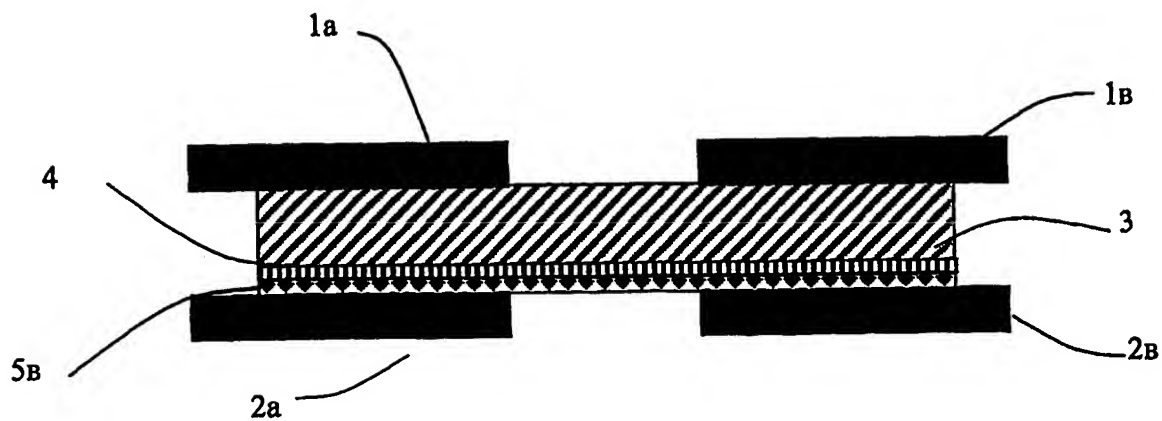


FIG. 14

BEST AVAILABLE COPY

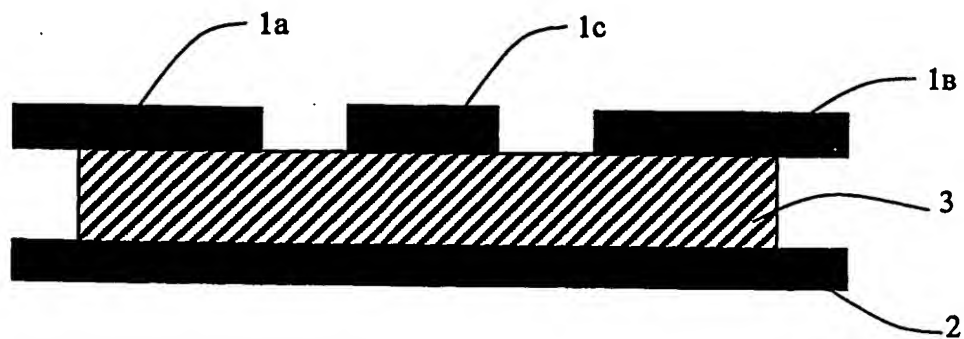


FIG. 15

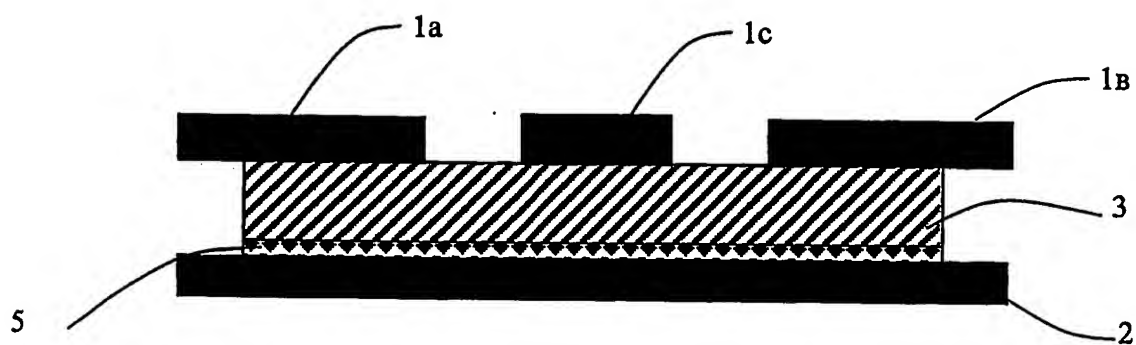


FIG. 16

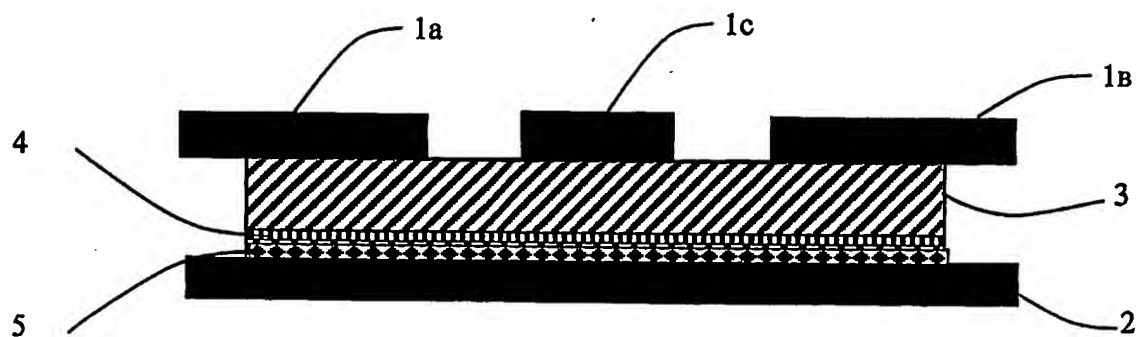


FIG. 17

8/10

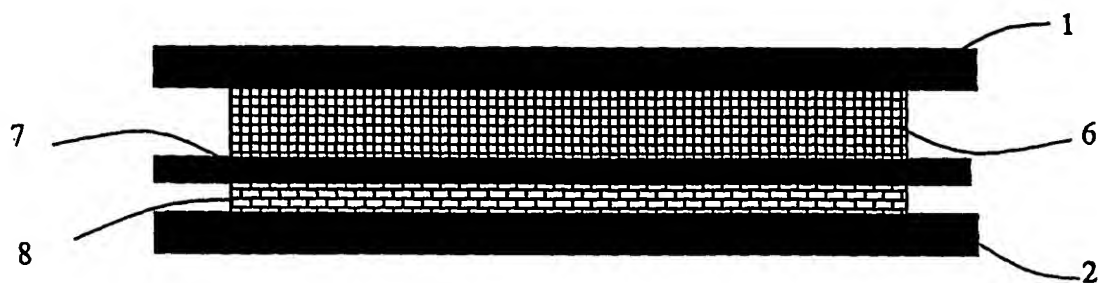


FIG. 18

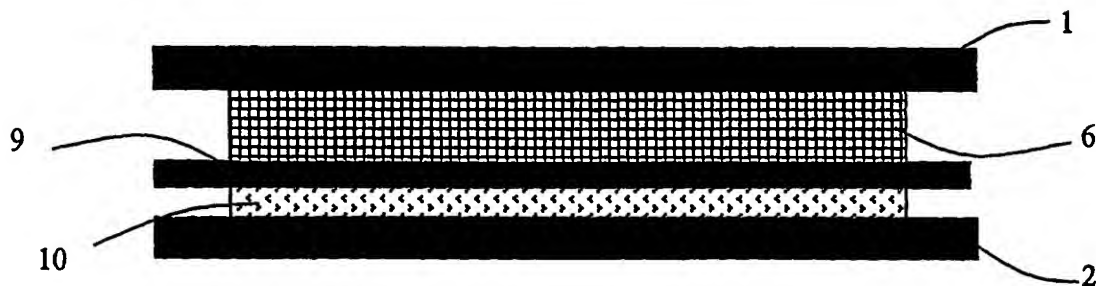


FIG. 19

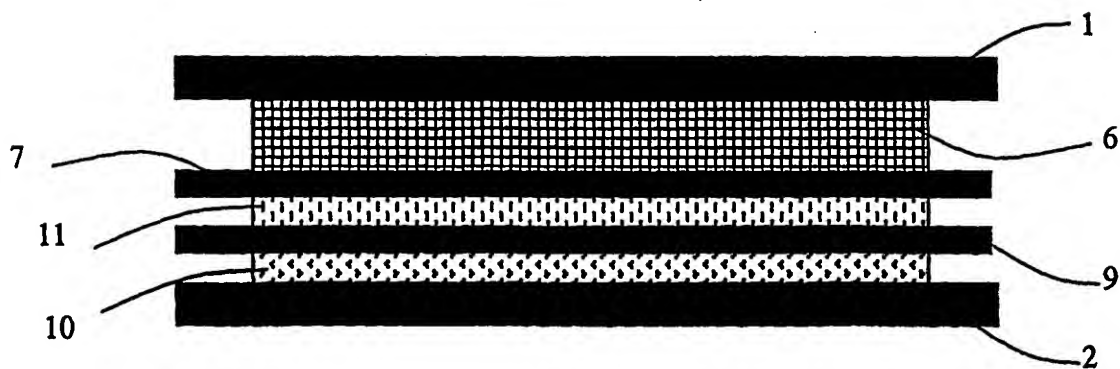


FIG. 20

BEST AVAILABLE COPY

9/10

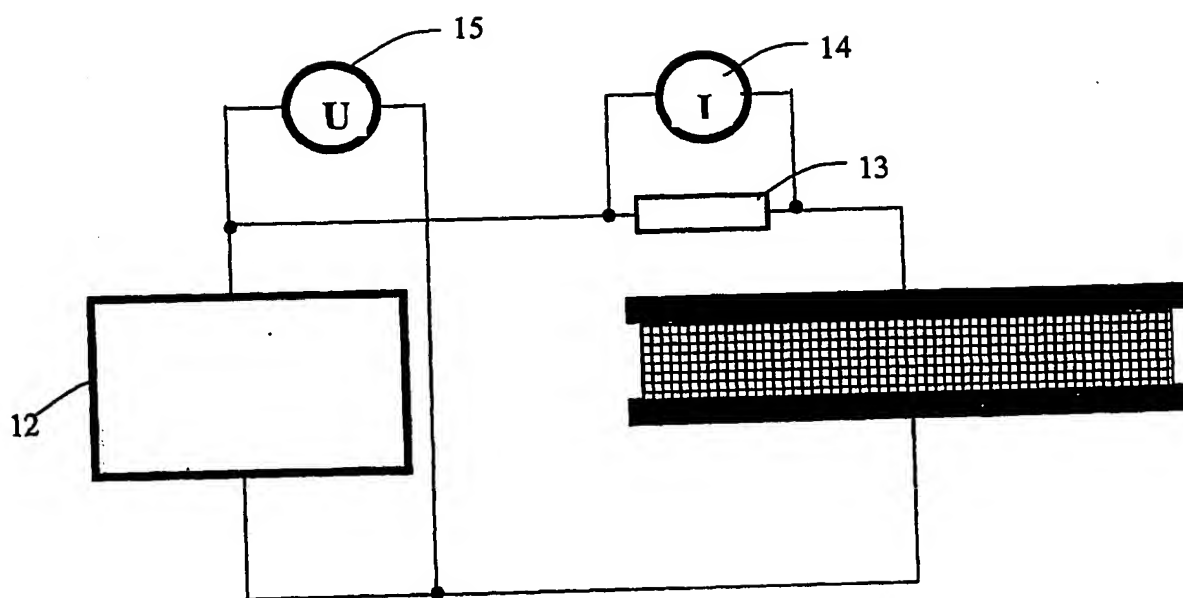


FIG. 21

BEST AVAILABLE COPY

10/10

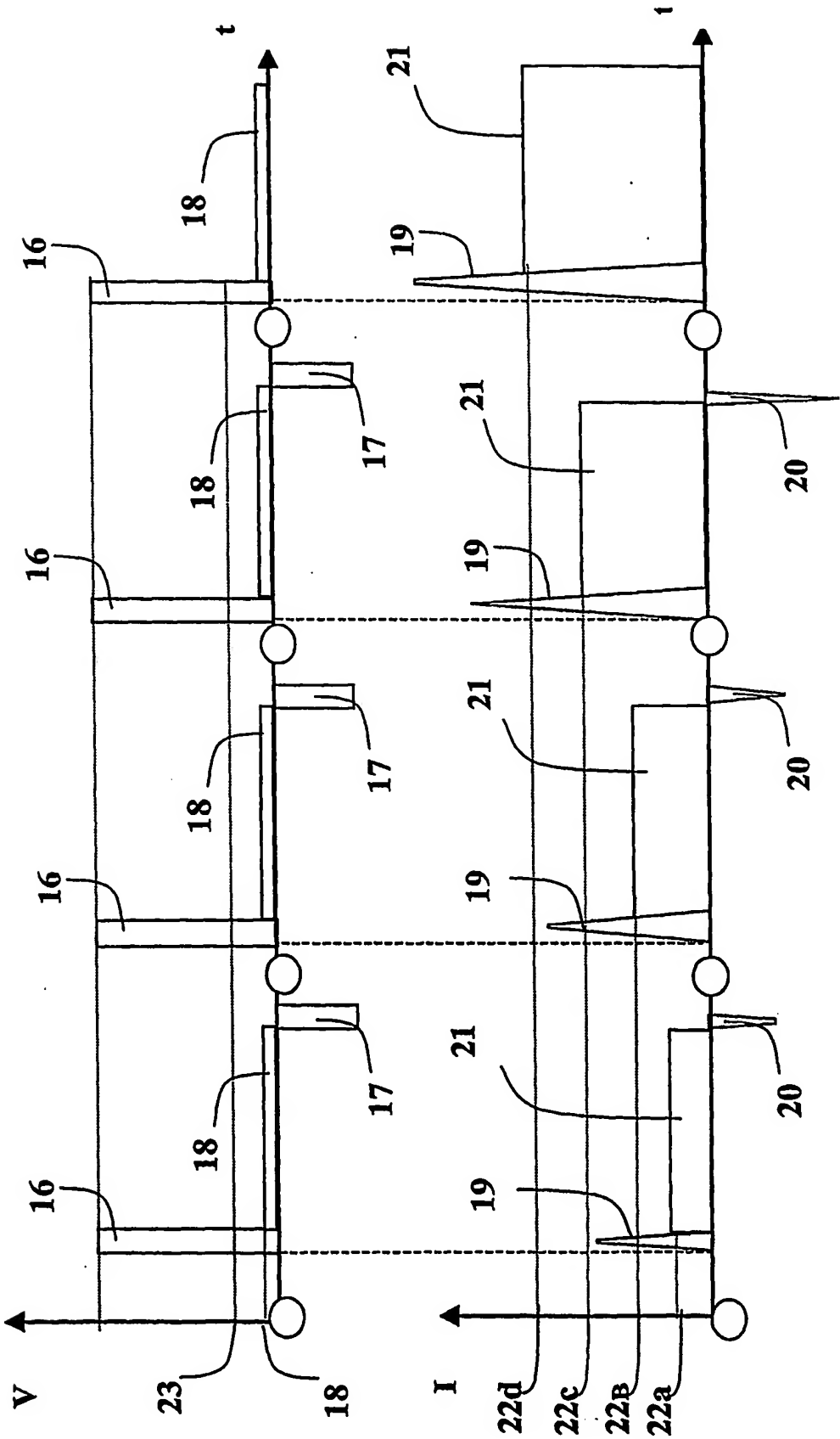


FIG. 22